



Sistemas de Preparo do Solo Caracterizando as Propriedades Químicas do Latossolo Vermelho e as Produtividades de Milho em Sete Lagoas, MG

Maurílio Fernandes de Oliveira¹
Ramon Costa Alvarenga²
José Carlos Cruz³
Antônio Carlos de Oliveira⁴
Antônio Marcos Coelho⁵
Décio Karam⁶

A demanda por produção de alimentos com menor impacto ambiental cresceu nos últimos anos. O sistema de manejo do solo diversificou-se visando atender as questões ambientais pela redução da perda de solo e dos impactos resultantes das atividades agrícolas. Neste sentido, sistemas chamados conservacionistas, como o plantio direto, que é largamente utilizado no país, e o arado escarificador, de uso mais restrito, vêm sendo mais amplamente adotados em áreas produtoras de grãos com uso de altas tecnologias em detrimento de sistemas convencionais (arado de disco e gradagem) e de cultivo mínimo (referente à quantidade de preparo do solo) (INOUE 2003). Na atualidade, o sistema plantio direto é o complexo tecnológico de manejo de solo e de culturas que reúne o mais amplo conjunto de preceitos da agricultura conservacionista. O sistema plantio direto pressupõe a mobilização de solo

restrita à linha de semeadura; manutenção dos restos culturais na superfície do solo; diversificação de espécies via rotação, consorciação e/ou sucessão de culturas; cobertura vegetal permanente do solo. Os preceitos da agricultura conservacionista, amplamente em prática no âmbito do sistema de plantio direto, resumem-se a dois no Brasil: mobilização de solo restrita à linha de semeadura e manutenção dos restos culturais na superfície do solo. Denardin (2012) descreve que a adoção de parte dos preceitos do sistema de plantio direto, apesar de propiciar expressiva redução de perdas de solo por erosão quando comparada ao preparo convencional, não é suficiente para imprimir conservacionismo às áreas agricultadas e preservacionismo às áreas do entorno, diante da diversidade edafoclimática do país, apesar de propiciar expressiva redução de perdas de solo por erosão quando

¹Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Produção Vegetal, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, maurilio.oliveira@embrapa.br

²Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Fertilização do Solo, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, ramon.alvarenga@embrapa.br

³Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Fitotecnia e Manejo de Solos, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, josecarlos.cruz@embrapa.br

⁴Engenheiro Agrônomo, Doutor em Estatística Experimental Agronômica, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, antoniocarlos.oliveira@embrapa.br

⁵Engenheiro Agrônomo, Ph.D em Solos & Agricultura de Precisão, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, antoniomarcos.coelho@embrapa.br

⁶Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Plantas Daninhas, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, decio.karam@embrapa.br

comparada ao preparo convencional. A produção de alimentos nas quantidades e variedades adequadas e exigidas pela humanidade de maneira racional demanda avaliação do comportamento do solo quando submetido a diferentes tipos de exploração. As características dos solos que mais interferem no desenvolvimento da atividade agrícola são a profundidade efetiva, a reserva de nutrientes, a capacidade de armazenamento de água e sua baixa erodibilidade (CARNEIRO, 2010). As características químicas do solo vêm sendo utilizadas como parâmetros para avaliar as mudanças ocorridas em função dos diferentes tipos de uso e manejo (CARNEIRO et al., 2009; CARNEIRO, 2010). Silveira et al. (2000); Carneiro et al. (2009) e Montezano et al. (2006) relatam que os sistemas de manejo conservacionistas promovem acúmulo superficial de fertilizantes resultante tanto por causa dos efeitos dos resíduos superficiais quanto da reduzida movimentação do solo. Por isto, estes autores descrevem que nos sistemas conservacionistas é comum observar acúmulo superficial de fertilizantes. Na área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG parcelas vêm recebendo diferentes sistemas de preparo do solo a partir da safra 1994/95. Este trabalho descreve os resultados do efeito dos sistemas de manejo de solo nas características químicas do Latossolo Vermelho, textura argilosa, e nas produtividades de grãos de milho.

Características da Área Experimental e Manejos de Solo e da Cultura

Os sistemas de manejo de solo e cultura vêm sendo conduzidos em área experimental de 4,19 ha (Figura 1) da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, em um Latossolo Vermelho, textura argilosa, desde 1994/1995. O experimento vem sendo conduzido em delimitação de blocos ao acaso, com 3 repetições. As parcelas experimentais são constituídas em “plots” de 20 m x 16 m, recebendo os seguintes sistemas de manejo

de solo: 1 – Grade aradora; 2 – Grade aradora se alternando com Grade + escarificador na safra seguinte; 3 – Grade + escarificador; 4 – Grade aradora, se alternando com Grade + subsolador na safra seguinte; 5 – Plantio direto; 6 - Grade + subsolador; 7 - Grade + escarificador, se alternando com Grade aradora na safra seguinte; 8 – Grade + subsolador, se alternando com Grade aradora na safra seguinte. Paralelamente, outro experimento vem sendo conduzido no delineamento de blocos ao acaso, com 3 repetições, recebendo os seguintes sistemas de manejo de solo: 1 – Grade; 2 – Grade aradora alternada com arado escarificador na safra seguinte; 3 – Arado escarificador alternado com grade aradora na safra seguinte; 4 – Arado de disco; 5 – Grade aradora alternada com arado de disco na safra seguinte; 6 – Arado de disco alternado com grade aradora na safra seguinte; 7 – Plantio direto; 8 – Grade aradora alternada de arado de aiveca na safra seguinte; 9 – Aiveca; 10 – Aiveca seguida de grade aradora na safra seguinte; 11 – Arado escarificador. De 1995/96 até 2004/05, em ambos os experimentos, foram feitos plantios anuais nas áreas experimentais com sucessão entre as culturas do milho e da soja. De 2004/05 em diante, manteve-se um plantio de milho a cada ano para todos os sistemas de preparo do solo, com exceção dos “plots” de plantio direto, em que se manteve a sucessão milho/soja.

Os equipamentos utilizados no preparo do solo apresentam as especificações seguintes: grade aradora intermediária com 16 discos de 28”, arado escarificador com 6 astes, subsolador com 3 astes, arado com 3 discos de 32” de diâmetro, arado de aiveca com 3 lâminas.



Figura 1. Área Experimental de Manejo de Solos na Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, outubro de 2014.

Nas parcelas de plantio direto, efetuava-se dessecação com glifosato antes do plantio, caracterizando semeadura sob baixa quantidade de palhada. Após o preparo do solo, tem sido aplicada grade niveladora em todas as parcelas, à exceção das que recebem o tratamento plantio direto. No período de entressafra, foi comum a aplicação de glifosato em toda a área experimental, às vezes seguida pela passagem de triturador. O controle de formiga vem sendo realizado com sulfluramida na dosagem de 8 a 10 g m⁻² por formigueiro.

Em todos os plantios, utilizaram-se cultivares comerciais do tipo híbridos simples de milho, produzidas pela Embrapa. Os plantios foram efetuados com plantadora adubadora na população de 65.000 plantas ha⁻¹, com adubação de plantio com 300 kg ha⁻¹ da fórmula 08-28-16+0,5 - N, P₂O₅, K₂O + Zn, respectivamente. Adubação de cobertura tem sido realizada com 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio

(geralmente na forma de ureia ou sulfato de amônio) quando a cultura se apresenta com 4 a 6 folhas. O controle de plantas daninhas nas culturas tem sido realizado na pré ou pós-emergência precoce das plantas daninhas com produtos utilizados regionalmente. O tratamento de sementes e a aplicação de inseticidas quando do ataque de pragas têm sido realizados com produtos utilizados regionalmente.

A partir de 2007, foram realizadas práticas agrícolas (recomendação de calagem por tratamento, gessagem, ajustes na adubação de plantio e de nitrogênio em cobertura, disponibilidade de palhada, adequação no uso de herbicidas e manejo de pragas) em ambos os experimentos otimizando a fertilidade do solo e a proteção das culturas para incrementos na produtividade do milho. Por ocasião da colheita, as produtividades de milho têm sido avaliadas em uma área útil de 14 m² por parcela convertendo-se

para toneladas por hectare, com umidade do grão ajustada para 13%. A partir de 2008, as parcelas de plantio direto têm recebido aporte de 50 ton ha⁻¹ de massa verde de milho cultivado previamente na primavera. A irrigação é realizada na produção do milho quando necessária. Nestes tratamentos, a dessecação do milho ocorre com 3,0 kg ha⁻¹ de glifosato 10 dias antes da semeadura.

Para a determinação das características químicas foi realizada amostragem de solo, por parcela, em 2007, nas profundidades de 0,00-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m. Amostras de solo foram analisadas segundo metodologia utilizada no Laboratório de Análises de Solo da Embrapa Milho e Sorgo e descrita por Claessen (1997). As características analisadas foram pH (em água); H + Al (cmolc dm⁻³); Al (cmolc dm⁻³); Ca (cmolc dm⁻³); Mg (cmolc dm⁻³); K (mg dm⁻³); P (cmolc dm⁻³); matéria orgânica-M.O. (%); fósforo remanescente-Prem (mg L⁻¹); Zn (mg dm⁻³); Mn (mg dm⁻³); Cu (mg dm⁻³) e Fe (mg dm⁻³).

Para análise dos dados obtidos em cada experimento, efetuou-se uma análise de variância em blocos ao acaso, considerando como tratamento os diferentes sistemas de preparo do solo aplicados ao longo dos anos de cultivo. Nas análises, foram utilizados os dados de análise química do solo e de produção de grãos de milho. Após procedida a análise de variância, para as características que apresentavam diferenças significativas, foi aplicado o teste de Tukey. Com estas análises, objetivou-se identificar o efeito dos sistemas de manejo e anos de cultivo nas propriedades químicas do solo em diferentes profundidades de amostragem, e sobre o rendimento de grãos.

Indicadores da Fertilidade do Solo

As análises estatísticas dos parâmetros de solo nas três profundidades de amostragem indicam que não houve diferenças

significativas a 5% de probabilidade (Teste F) para as características químicas do solo (pH; H + Al; Al; Ca; Mg; K; P; MO; Prem; Zn; Mn; Cu e Fe) e para as produtividades de grão de milho entre os sistemas de preparo do solo. Em geral, a grande variabilidade espacial existente entre os valores das características químicas do solo caracterizou os altos valores de coeficiente de variação nas três profundidades amostradas. Observa-se na Tabela 1 que no ensaio com oito diferentes sistemas de preparo os valores das características químicas do solo na profundidade de 0,00-0,20 m para os parâmetros pH, H+Al, M.O., capacidade de troca catiônica-CTC, Cu e Fe apresentaram valores de coeficiente de variação inferiores ou iguais a 20%, indicando menor variabilidade destas propriedades do solo. As outras propriedades do solo (Al, Ca, Mg, K, P, Zn, Mn, Prem) apresentaram valores de coeficiente de variação superiores a 20%. Os dados para outras profundidades também apresentaram comportamento similar ao descrito para a profundidade de 0,00-0,20 m. Silveira et al. (2000) descrevem o efeito dos sistemas de preparo com arado de aiveca, grade aradora e plantio direto nos valores de pH, Ca, Mg, P, K e saturação por bases.

Os valores das características químicas para a profundidade de 0,00-0,20 m submetido a 11 diferentes sistemas de preparo encontram-se na Tabela 2. Observa-se neste ensaio que apenas os valores de pH, M.O. e CTC apresentam coeficiente de variação menor que 20%.

Por outro lado, houve efeito significativo a 5% de probabilidade para a profundidade de amostragem, independentemente do sistema de preparo do solo, em ambos os experimentos. Na Tabela 3, para experimento conduzido com oito diferentes tipos de preparo do solo, verifica-se que o valor médio de matéria orgânica foi superior na camada de solo de 0,00-0,20 m, independentemente do tipo de preparo do solo adotado,

Tabela 1. Valores médios das propriedades químicas do solo para a profundidade 0-0,20 m submetido a 8 diferentes sistemas de manejo. Sete Lagoas, MG, 2007.

Parâmetros	Tratamentos (Manejo de solo)*								Média	CV (%)
	01	02	03	04	05	06	07	08		
pH - água	4,80	4,80	4,97	5,07	5,03	5,07	4,90	4,87	4,93	5,10
H+Al - $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	6,25	6,35	6,77	5,87	5,78	6,00	6,70	6,32	6,25	20,13
Al - $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	0,93	1,05	1,04	0,67	0,53	0,71	0,97	0,95	0,85	58,34
Ca - $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	2,28	1,89	2,63	2,77	2,78	2,66	2,22	2,31	2,41	36,85
Mg - $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	0,36	0,29	0,38	0,46	0,52	0,47	0,41	0,42	0,42	31,40
K - mg dm^{-3}	78,33	68,67	99,00	105,67	84,00	92,67	51,33	72,67	81,54	41,16
P - mg dm^{-3}	5,36	4,88	6,37	9,66	7,80	5,62	4,33	5,26	6,16	38,75
M.O. - dag kg^{-1}	3,67	3,72	3,91	3,88	3,60	4,24	3,79	4,16	3,87	13,57
SB ¹ - $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	2,84	2,36	2,99	3,50	3,52	3,37	2,76	2,92	3,03	35,50
CTC - $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	9,08	8,71	9,76	9,37	9,30	9,40	9,46	9,24	9,29	8,11
V ² - %	30,99	27,25	30,99	36,73	37,94	36,63	30,13	31,58	32,78	33,31
Sat. Al ³ - %	26,29	30,78	28,13	17,19	14,58	18,19	25,55	26,83	23,44	65,68
Zn - mg dm^{-3}	1,30	1,16	1,90	1,73	2,33	2,03	1,57	1,10	1,64	30,64
Cu - mg dm^{-3}	1,13	1,16	1,33	1,30	1,27	1,23	1,13	1,23	1,23	13,52
Mn - mg dm^{-3}	23,87	20,70	28,70	30,60	33,73	27,77	23,47	21,07	26,24	37,56
Fe - mg dm^{-3}	79,27	73,37	73,03	79,6	79,03	77,90	78,10	66,83	75,89	19,93
P _{rem} - mg dm^{-3}	4,32	5,13	6,59	7,62	6,99	4,94	6,32	4,82	5,84	65,72

*Tratamentos: 1 – Grade aradora; 2 – Grade aradora/(Grade+escarificador); 3 – Grade+escarificador; 4 – Grade aradora/(Grade+subsolador); 5 – Plantio direto; 6 – Grade+subsolador; 7 – Grade+escarificador/Grade aradora; 8 – Grade+subsolador/Grade aradora. ¹SB Soma de bases, ²Saturação de bases, ³Saturação de alumínio.

diferenciando-se significativamente dos valores obtidos nas camadas de 0,20-0,40 m e de 0,40-0,60 m. Contrariamente ao observado para o teor de matéria orgânica, os valores de H+Al e Al apresentaram menores valores nas camadas superficiais (0,00-0,20 e 0,20-0,40 m). Estes teores de Al observados no complexo sortivo do solo pode ter relação com um processo de complexação do alumínio pela matéria orgânica, especialmente nas camadas superficiais de solos cultivados em sistema de plantio direto (CAMBRI, 2004). Os valores de CTC, Ca, Mg, K, P e Prem (Tabela 3 e 4) apresentaram-se maiores na camada de 0,00-0,20 m, reduzindo-se nas camadas de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m. Carneiro (2010) descreve que os mais altos valores de pH na camada superficial deste solo estão relacionados com as características tamponantes da matéria orgânica e/ou com o aumento da força iônica da solução do solo, por causa do incremento dos teores de Ca,

Mg e K na camada superficial resultantes da adubação ou da ciclagem de resíduos da cultura, primordialmente, do milho. Os teores de Zn e Mn reduziram-se com a profundidade, enquanto os teores de Cu e Fe não apresentaram valores significativamente diferentes a 5% entre as profundidades. O aumento no teor de alumínio com a profundidade com a simultânea redução nos teores de cátions trocáveis acarretou maiores valores de saturação de alumínio nas maiores profundidades de amostragem (Tabela 5). Contrariamente ao descrito neste documento, Silveira et al. (2000) descrevem que na profundidade de 0-5 cm, os valores das variáveis avaliadas (pH, Ca, Mg, P, K e saturação por bases) foram maiores no sistema de plantio direto do que no arado e na grade.

Tabela 2. Valores médios das propriedades químicas do solo para a profundidade de 0,00-0,20 m submetido a 11 diferentes sistemas de manejo. Sete Lagoas, MG, 2007.

	Tratamentos (Manejos de solos)*											Média CV (%)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
pH	5,20	5,17	5,27	5,33	5,10	5,60	5,33	5,43	5,37	5,23	5,10	5,28	4,16
H+Al	5,11	5,73	4,61	4,84	5,93	3,90	4,34	4,93	4,71	5,14	5,24	4,95	24,44
Al	0,45	0,64	0,28	0,32	0,45	0,03	0,42	0,21	0,25	0,38	0,54	0,36	96,44
Ca	2,64	2,50	2,90	3,79	3,48	4,04	3,20	3,77	3,64	2,98	3,25	3,28	31,75
Mg	0,47	0,47	0,48	0,70	0,63	0,79	0,64	0,79	0,74	0,62	0,59	0,63	36,63
K	114	103	102	123	103	89	123	113	147	100	71	108	26
P	4,30	8,63	4,75	7,88	5,84	5,25	7,08	9,11	9,00	5,67	4,84	6,58	42,66
M.O.	2,95	3,25	3,11	3,30	3,22	3,01	2,90	2,80	3,03	2,99	3,04	3,05	10,26
SB ¹	3,41	3,24	3,64	4,80	4,38	5,05	4,15	4,84	4,75	3,85	4,02	4,19	30,57
CTC	8,52	8,97	8,25	9,64	10,30	8,95	8,49	9,77	9,46	8,90	9,26	9,15	8,65
V ²	40,29	35,38	43,64	49,72	42,25	56,50	49,49	50,20	50,50	42,50	42,76	45,75	28,48
S.Al ³	17,39	19,32	8,08	5,85	12,05	0,69	9,38	4,71	5,09	9,59	13,83	9,63	127,53
Zn	3,00	1,60	1,87	2,67	2,50	1,73	2,57	3,00	2,97	2,07	3,43	2,49	46,80
Cu	1,93	1,40	1,50	1,50	1,73	1,73	1,73	1,70	1,83	2,40	2,13	1,81	31,75
Mn	23,73	21,30	25,50	32,77	31,70	29,53	25,97	27,87	29,07	27,10	29,50	27,64	26,60
Fe	72	64	70	159	134	87	135	138	102	73	165	109	82
P _{rem}	7,91	5,41	9,81	9,40	9,91	7,80	6,07	3,26	4,40	5,76	8,93	7,15	62,42

*Tratamentos: 1 – Grade; 2 – Grade aradora/arado escarificador; 3 – Arado escarificador/grade aradora; 4 – Arado de disco; 5 – Grade aradora/arado de disco; 6 – Arado disco/grade aradora; 7 – Plantio direto; 8 – Grade aradora/arado aiveca; 9 – Aiveca; 10 – Aiveca/Grade aradora; 11 – Arado escarificador. ¹SB Soma de bases, ²Saturação de bases, ³Saturação de alumínio.

Tabela 3. Valores médios das características químicas (pH; H+Al; Al; CTC e M.O.) do solo por profundidade coletadas em parcelas submetidas a 8 diferentes sistemas de manejo do solo. Sete Lagoas, MG, 2007.

Profundidade (m)	pH (água)	H + Al	Al	CTC	MO
		----- (cmol _c dm ⁻³) -----			dag kg ⁻¹
0,00-0,20 m	4,93 A	6,25 B	0,85 A	9,28 A	3,87 A
0,20-0,40 m	4,77 B	6,58 AB	1,15 A	8,69 B	3,29 B
0,40-0,60 m	4,67 C	6,77 A	1,24 A	8,51 B	2,83 C

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4. Valores médios das características químicas (Ca; Mg; K; P e Prem) do solo por profundidade coletadas em parcelas submetidas a 8 diferentes sistemas de manejo do solo. Sete Lagoas, MG, 2007.

Profundidade (m)	Ca	Mg	K	P	P _{rem}
	----- cmol _c dm ⁻³ -----		----- mg dm ⁻³ -----		
0,00-0,20 m	2,41 A	0,41 A	81,54 A	6,15 A	5,84 A
0,20-0,40 m	1,65 B	0,30 B	62,08 B	3,25 B	3,38 B
0,40-0,60 m	1,34 C	0,24 C	57,12 B	1,80 C	1,98 C

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 5. Valores médios das características químicas (Zn; Cu; Mn; Fe e Saturação de alumínio) do solo por profundidade coletadas em parcelas submetidas a 8 diferentes sistemas de manejo do solo. Sete Lagoas, MG, 2007.

Profundidade (m)	Zn	Cu	Mn	Fe	Saturação Alumínio
	----- mg dm ⁻³ -----				%
0,00-0,20 m	1,64 A	1,22 A	26,33 A	75,89 A	23,44 C
0,20-0,40 m	1,18 B	1,26 A	23,14 B	83,11 A	35,91 B
0,40-0,60 m	0,90 C	1,30 A	22,92 B	81,06 A	41,90A

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores médios das características químicas do solo nas amostras coletadas nos diferentes sistemas de preparo do solo na área experimental com 11 tratamentos encontram-se descritos nas Tabelas 6, 7 e 8. Os valores mostram mesma resposta observada na área com o experimento com oito tratamentos, tanto para o efeito dos sistemas de preparo

nas propriedades químicas do solo quanto na variabilidade destas propriedades nas profundidades de amostragem. Assim como descrito anteriormente, os maiores valores de saturação de alumínio nas maiores profundidades (Tabela 8) devem-se ao aumento no teor de alumínio com a simultânea redução nos teores de cátions trocáveis.

Tabela 6. Valores médios das características químicas (pH; H+Al; Al; CTC e M.O.) do solo por profundidade coletadas em parcelas submetidas a 11 diferentes sistemas de manejo do solo. Sete Lagoas, MG, 2007.

Profundidade (m)	pH água	H + Al	Al	CTC	MO
		----- cmol _c dm ⁻³ -----			dag kg ⁻¹
0,00-0,20 m	5,28 A	4,95 B	0,36 C	9,14 A	3,05 A
0,20-0,40 m	5,08 B	5,48 A	0,61 B	8,36 B	2,50 B
0,40-0,60 m	4,88 C	5,45 A	0,87 A	7,35 C	2,16 C

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 7. Valores médios das características químicas (Ca; Mg; K; P e Prem) do solo por profundidade coletadas em parcelas submetidas a 11 diferentes sistemas de manejo do solo. Sete Lagoas, MG, 2007.

Profundidade (m)	Ca	Mg	K	P	P _{rem}
	----- cmol _c dm ⁻³ -----		----- mg dm ⁻³ -----		
0,00-0,20 m	3,28 A	0,62 A	108,15 A	6,57 A	7,15 A
0,20-0,40 m	2,26 B	0,45 B	65,93 B	2,87 B	4,57 B
0,40-0,60 m	1,47 C	0,32 C	41,72 C	1,44 C	3,06 C

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 8. Valores médios das características químicas (Zn; Cu; Mn; Fe e Saturação de alumínio) do solo por profundidade coletadas em parcelas submetidas a 11 diferentes sistemas de manejo do solo, Sete Lagoas, MG, 2007.

Profundidade (m)	Zn	Cu	Mn	Fe	Saturação Alumínio%
	----- mg dm ⁻³ -----				
0,00-0,20 m	2,49 A	1,80 A	27,63 A	109,08 A	9,63 C
0,20-0,40 m	1,52 B	1,80 A	18,72 B	85,12 A	19,29 B
0,40-0,60 m	1,16 B	1,82 A	17,11 B	75,19 B	31,65 A

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Avaliando as propriedades químicas dos dois experimentos, observa-se que os altos teores de Al, consequentemente de saturação de alumínio, o menor valor de saturação de bases e potássio no experimento com oito tratamentos não foram características prioritárias na determinação da produtividade do milho. A produtividade média neste experimento foi de 8,66 t ha⁻¹ e de 7,24 t ha⁻¹ no de 11 tratamentos (Tabelas 10 e 11). Observa-se que o teor de MO no solo, maior nas áreas do experimento de oito tratamentos pode ser considerada característica química determinante na produtividade do milho. Maiores teores de MO no solo proporcionam maior retenção de umidade do solo, possivelmente neste ensaio, suficientes para compensar os efeitos do Al e conferir ligeira diferença entre as faixas. Montezano et al. (2006) descrevem efeito positivo do teor de MO na produtividade de milho.

Em adição a isso, assim como o descrito em Montezano et al. (2006), os teores dos micronutrientes Fe, Cu, Mn e, ou Zn são encontrados como quelatos com a MO do solo, especialmente em condições de acidez, situação característica do experimento com oito tratamentos.

Produtividades de Grãos de Milho

Os resultados médios das produtividades de grãos de milho das safras ano 94/95, 95/96 e 96/97 cultivado nos diferentes sistemas de manejo solo variaram entre 4.319 kg ha⁻¹ para preparo com escarificador a 5.443 kg ha⁻¹ para sistema rotação escarificador-grade aradora (Tabela 9).

Tabela 9. Valores médios de produtividades de milho (kg ha^{-1}) cultivado nos 11 diferentes métodos de manejo do solo.

Métodos de manejo de solo	Ano agrícola			Média
	1994/95	1995/96	1996/97	
	----- kg ha^{-1} -----			
Aiveca	5.029	5.499	5.027	5.185
Aiveca/Grade aradora	5.115	3.748	4.848	4.568
Disco	4.855	5.004	4.305	4.721
Disco/Grade aradora	4.959	4.083	5.685	4.909
Escarificador	4.322	3.804	4.833	4.319
Escarificador/Grade aradora	5.652	5.086	5.592	5.443
Grade aradora	5.098	3.830	4.998	4.375
Grade aradora/Disco	5.038	5.464	5.370	5.290
Grade aradora/Aiveca	4.376	4.691	4.861	4.642
Grade aradora/Escarificador	5.197	3.793	4.037	4.342
Plantio direto	4.918	5.055	5.009	4.994

Assim como observado para alguns parâmetros de solo, as produtividades de milho não foram afetadas significativamente pelo sistema de manejo do solo ao longo dos anos nos dois experimentos (Tabela 10 e 11) apresentando valores de coeficiente de variação abaixo de 20%, à exceção da safra 2010/2011 no experimento com 11 tratamentos. Entretanto, verificou-se elevação das produtividades médias de milho ao longo dos anos. Em 2013, a produtividade variou de

7 a 9 t ha^{-1} , enquanto que, em 2005, os valores eram próximos de 5 t ha^{-1} . Entretanto, deve ser destacado que os aumentos na produtividade do milho na safra 2012/2013 podem estar relacionados ao aumento na população de plantas de milho.

Tabela 10. Quadrados médios de tratamento (QM), médias de produtividade de grãos em cada ano, tipo de manejo de solo e coeficientes de variação experimental (CV%) para onze tratamentos de manejo de solo em milho. Sete Lagoas, 2013.

Ano de avaliação	Tipo de Manejo do solo							
	Data Plantio	Plantio Direto (t/ha)	Grade (t/ha)	Aiveca (t/ha)	Disco (t/ha)	Escarificador (t/ha)	Aiveca/Grade (t/ha)	Disco/Grade (t/ha)
2005/2006	12/2005	5,88	5,66	5,52	5,48	6,32	5,98	6,56
2008/2009	01/2009	6,62	5,92	6,97	7,04	6,59	6,30	6,78
2009/2010	12/2010		6,45	6,02	6,57	6,78	6,53	7,05
2010/2011	01/2011	5,68	5,93	5,52	5,95	5,95	5,74	4,07
2011/2012	27/01/2012		6,32	5,88	6,15	5,56	6,80	5,82
2012/2013	17/12/2012	8,07	7,19	8,28	6,31	8,31	6,20	6,17
	Escarificador/Grade (t/ha)	Grade/Aiveca (t/ha)	Grade/Disco (t/ha)	Grade/Escarificador (t/ha)	QM	Média Geral de Produtividade (t/ha)	CV%	
2005/2006	5,26	5,80	5,82	5,56	0,428	5,80	10,48	
2008/2009	6,58	6,45	6,84	6,85	0,314	6,63	8,31	
2009/2010	6,04	6,16	6,25	5,86	0,417	6,37	13,1	
2010/2011	6,19	5,53	5,20	5,74	0,978	5,59	26,86	
2011/2012	6,45	5,83	5,95	6,15	0,395	6,09	8,65	
2012/2013	7,74	6,81	7,75	6,86	2,059	7,24	19,78	

Tabela 11. Quadrados médios de tratamento (QM), médias de produtividade de grãos em cada ano, tipo de manejo de solo e coeficientes de variação experimental (CV%) para oito tratamentos de manejo de solo em milho. Sete Lagoas, 2013.

Ano de avaliação	Tipo de Manejo do solo						
	Data Plantio	Plantio Direto (t/ha)	Grade (t/ha)	Grade + subsolador (t/ha)	Grade + escarificador (t/ha)	(Grade + subsolador)/Grade (t/ha)	(Grade + Escarificador)/Grade (t/ha)
2005/2006	12/2005	6,53	5,59	5,89	6,08	5,98	6,19
2008/2009	01/2009	7,10	6,42	6,49	6,63	6,09	6,85
2009/2010	12/2010		5,44	5,40	5,01	5,40	6,82
2010/2011	01/2011	6,54	6,09	7,27	6,15	5,88	6,75
2011/2012	27/01/2012		5,40	5,81	5,97	4,93	5,14
2012/2013	17/12/2012	9,88	7,39	8,63	8,84	9,11	9,06
	Grade/(Grade + Subsolador) (t/ha)	Grade/(Grade + Escarificador) (t/ha)	QM	Média Geral de Produtividade (t/ha)	CV%		
2005/2006	5,24	5,52	0,505	5,88	11,11		
2008/2009	6,29	5,90	0,458	6,47	8,81		
2009/2010	5,56	6,30	1,177	5,70	13,20		
2010/2011	7,37	7,10	0,978	6,64	15,46		

Considerações Finais

Os sistemas de preparo do solo não influenciaram significativamente as características químicas do Latossolo Vermelho na camada superficial.

O aumento na produtividade do milho não foi influenciado pelos sistemas de preparo de solo, independentemente do ano.

A maior produtividade do milho no experimento com 8 tratamentos pode ser atribuída às características químicas da área, especialmente ao maior teor de matéria orgânica.

Agradecimentos

À Embrapa por conceder as instalações físicas e pelo suporte financeiro. Aos técnicos agrícolas Davidson de Araújo Silva, Sérgio Teixeira Guimarães e Rodrigo Feliciano Rezende. Aos assistentes Paulo Roberto Martins, José Alves Pereira, João Fernandes Barbosa, William de Sousa Rodrigues, Geraldo Marques da Silva e Valeriano Moreira de Carvalho pelo dedicado trabalho.

Referências

- CAMBRI, M. A. **Calagem e formas de alumínio em três localidades sob sistema de plantio direto**. 2004. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.
- CARNEIRO, S. P. **Qualidade de um Latossolo Vermelho sob diferentes tipos de usos e manejos em área do Cerrado**. 2010. 125 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D. de; REIS, E. F. dos; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. de. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 33, p. 147-157, 2009.
- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212 p.
- DENARDIN, J. E. **Aprimoramento, inovação e desenvolvimento de conhecimento e tecnologias em sistema de plantio direto para o agronegócio brasileiro**. [S.l: s.n.], 2012. 24 p. Projeto MP2 Embrapa.
- INOUE, G. H. Sistemas de preparo do solo e o plantio direto no Brasil. **Agropecuária Técnica**, Areia, PB, v. 24, n. 1, p. 11, 2003.
- SILVEIRA, P. M.; ZIMMERMANN, F. J. P.; SILVA, S. C.; CUNHA, A. A. Amostragem e variabilidade espacial de características químicas de um Latossolo submetido a diferentes sistemas de preparo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 2057-2064, 2000.
- SOARES, T. A. **Rodas compactadoras e aterradoras na qualidade de acabamento de semeadura direta**. Jaboticabal: [s.n.], 2009. 95 p.
- MONTEZANO, Z. F.; CORAZZA, E. J.; MURAOKA, T. Variabilidade espacial da fertilidade do solo em área cultivada e manejada homogeneamente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 30, p. 839-847, 2006.

**Comunicado
Técnico, 209**

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Milho e Sorgo

Endereço: Rod. MG 424 km 45 Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG

Fone: (31) 3027 1100

Fax: (31) 3027 1188

www.embrapa.br/fale-conosco

1ª edição

Versão Eletrônica (2014)

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

**Comitê de
publicações**

Presidente: Sidney Netto Parentoni.

Secretário-Executivo: Elena Charlotte Landau.

Membros: Antonio Claudio da Silva Barros, Cynthia Maria Borges Damasceno, Maria Lúcia Ferreira Simeone, Monica Matoso Campanha, Roberto dos Santos Trindade e Rosângela Lacerda de Castro.

Revisão de texto: Antonio Claudio da Silva Barros.

Normalização bibliográfica: Rosângela Lacerda de Castro.

Expediente

Tratamento das ilustrações: Tânia Mara A. Barbosa.

Editoração eletrônica: Tânia Mara A. Barbosa.